

Точность измерения критической частоты световых мельканий



В. В. Рожнецов

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель. Разработка способа повышения точности измерения критической частоты слияния световых мельканий (КЧСМ).

Методы. При измерении КЧСМ световые импульсы предъявляли с использованием светодиода желтого цвета диаметром 5 мм с силой света 3 мкд, размещаемого в районе ближней точки ясного видения. Формирование световых импульсов и измерение КЧСМ выполнялось с использованием ПЭВМ Pentium III методом последовательного приближения. Измеренное значение КЧСМ отмечали на плоскости в координатах «значение КЧСМ — номер измерения», строили график зависимости значений КЧСМ F как функции $F = f(N_i)$, где N_i — номер i -ого измерения, $i = 1, 2, \dots, k$, k — число измерений, до получения квазистационарного режима, когда переходной процесс закончен. В квазистационарном режиме выполняли заданное количество измерений, после чего вычисляли оценку КЧСМ как среднеарифметическое значение результатов измерений, полученных в квазистационарном режиме.

Результаты. Уменьшение случайной составляющей погрешности измерений КЧСМ, которое находится в пределах от 31,3 до 78,6%, по обследованной группе из 10 предварительно обученных испытуемых получено у восьми.

Заключение. Анализируя динамику значений КЧСМ, полученных в ходе ее измерения, и выполняя статистическую обработку измерений, полученных в квазистационарном режиме, можно повысить точность оценки КЧСМ.

Ключевые слова: критическая частота слияния световых мельканий, измерение, точность

ABSTRACT

V. V. Rozhentsov

Critical flicker frequency measurement training

Purpose: Developing a method to improve the accuracy of the measuring of critical flicker frequency (CFF).

Methods: When measuring CFF the light pulses with LEDs yellow 5 mm in diameter with a force of light 3 mcd placed in an area near point of clear vision. Formation of light pulses and measuring CFF was performed using PC Pentium III by the method of successive approximation. Measured CFF value was noted on the plane in the coordinates «CFF value — the number of measurement», a graph of CFF values was drawn as a function $F = f(N_i)$, where N_i — number of i -th measurement, $i = 1, 2, \dots, k$, k — number of measurements to obtain a quasi-stationary mode when the transition process is completed. In the quasi-stationary mode we were performed a specified number of measurements and then calculated the CFF estimate as the mean value of test results obtained in the quasi-stationary mode.

Results: Reducing the random component of the CFF measurement error of study group of 10 pre-trained subjects was received in 8 of them and varies from 31.3 to 78.6%.

Conclusion: Analyzing the dynamics of CFF values obtained during its measurement and performing a statistical analysis of the measurements obtained in the quasi-stationary mode, we can improve the accuracy of CFF estimate.

Key words: critical flicker frequency, training time

Офтальмология. 2013. Т. 10, № 1. С. 47–49.

Поступила 30.09.12. Принята к печати 24.01.13

Критическая частота слияния световых мельканий (КЧСМ), то есть частота мельканий света в секунду, при которой наступает субъективное ощущение слияния мельканий и зрительный анализатор

воспринимает мелькающий источник светящимся непрерывно, используется в офтальмологии для диагностики атрофии зрительного нерва, глаукомы, рассеянного склероза, катаракты и ряда других заболе-

ваний [1-4]. Исследование КЧСМ в центральной и периферической зонах сетчатки позволяет получить комплексную информацию о топике патологического процесса при таких заболеваниях, как центральная хориоретинальная дистрофия сетчатки, макулодистрофия, отслойка сетчатки и других патологиях [5]. Метод КЧСМ нашел свое применение и в детской офтальмологии при диагностике заболеваний сетчатки и зрительного нерва. Простота методики позволяет проводить исследование у детей начиная с 5-летнего возраста [6].

Изменения значений КЧСМ обычно невелики по абсолютной величине. Это приводит к необходимости повышения точности измерений, то есть качества измерений, отражающего близость их результатов к истинному значению измеряемой величины, при этом высокая точность соответствует малым погрешностям [7]. Отдельные вопросы обеспечения точности измерения КЧСМ рассмотрены автором ранее [8-12].

Целью работы является разработка способа повышения точности измерения КЧСМ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В обследовании приняло участие 10 предварительно обученных испытуемых в возрасте от 19 до 24 лет с нормальным или скорректированным зрением. Измерения выполнялись бинокулярно в первой половине дня с 9 до 12 часов. Метод и методика измерения КЧСМ описаны в работе [12]. При измерении КЧСМ световые импульсы предъявляли с использованием светодиода желтого цвета диаметром 5 мм с силой света 3 мкд, размещаемого в районе ближней точки ясного видения. Формирование предъявляемых световых импульсов и измерение КЧСМ выполнялось с использованием ПЭВМ Pentium III.

Измеренное значение КЧСМ отмечали на плоскости в координатах «значение КЧСМ — номер измерения». Описанную процедуру повторяли, строили график зависимости значений КЧСМ F как функции $F = f(N_i)$, где N_i — номер i -ого измерения, $i = 1, 2, \dots, k$, k — число измерений, до получения квазистационарного режима, когда переходной процесс закончен.

В квазистационарном режиме выполняли заданное количество измерений, после чего вычисляли оценку КЧСМ как среднееарифметическое значение по формуле:

$$F_{\text{КЧСМ}} = \frac{\sum_{j=k}^{k+(n-1)} F_j}{n}, \quad (1)$$

где F_j — значение КЧСМ в квазистационарном режиме в j -м измерении, Гц; $j = k, k+1, \dots, k+(n-1)$; k — номер измерения, соответствующий окончанию переходного процесса (началу квазистационарного режима); n — заданное число измерений КЧСМ в квазистационарном режиме.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате измерений для одного из испытуемых, испытуемого И., 22 лет, получены следующие значения КЧСМ в Гц: 41,7; 42,4; 42,8; 43,0; 42,7; 42,8; 42,7; 42,7; 43,0; 42,8; 42,7; 43,0; 42,7, которые представлены в виде графика на рисунке 1.

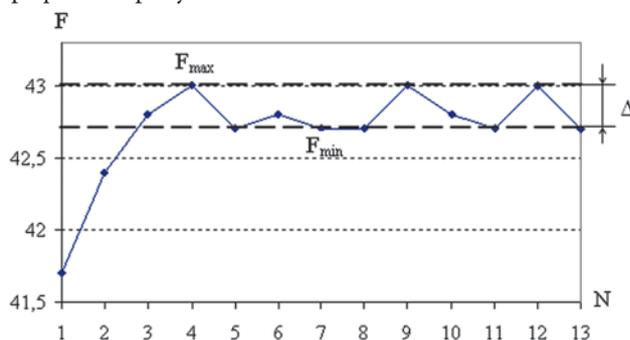


Рисунок 1. Результаты измерений КЧСМ испытуемого И. По горизонтальной оси — номер измерения, по вертикальной оси — значение КЧСМ, Гц. Обозначения величин в тексте.

Время переходного процесса определяется временем, после которого имеет место неравенство [13]:

$$|F_i - F_0| \leq \Delta/2,$$

где F_i — значение КЧСМ в i -м измерении, $i = 1, 2, \dots, k$, k — число измерений до получения квазистационарного режима; F_0 — среднее значение КЧСМ в квазистационарном режиме; $\Delta = (F_{\text{max}} - F_{\text{min}})$ — вариационный размах значений КЧСМ в квазистационарном режиме; F_{max} — максимальное значение КЧСМ в квазистационарном режиме; F_{min} — минимальное значение КЧСМ в квазистационарном режиме.

На графике отметили вариационный размах Δ значений КЧСМ в квазистационарном режиме и определили номер измерения 3, соответствующий окончанию переходного процесса.

Оценка КЧСМ испытуемого в квазистационарном режиме $F_{\text{КЧСМ}}$, вычисленная по формуле (1), равна 42,8 Гц, стандартное (среднеквадратичное) отклонение — 0,132 Гц. При исключении из статистического анализа первых трех измерений, как рекомендует в [14], среднееарифметическое значение равно 42,8 Гц, среднеквадратическое отклонение — 0,137 Гц. Различия в значениях среднеквадратического отклонения, полученных в квазистационарном режиме и при исключении из статистического анализа первых трех измерений статистически недостоверно.

Для другого испытуемого Л., 20 лет, получены следующие значения КЧСМ в Гц: 40,8; 42,2; 42,7; 43,5; 43,6; 44,2; 44,0; 44,2; 44,0; 44,1; 44,2; 44,0; 44,2; 44,0; 44,1, которые представлены в виде графика на рисунке 2.

На графике отметили вариационный размах Δ значений КЧСМ в квазистационарном режиме и определили номер измерения 6, соответствующий оконча-

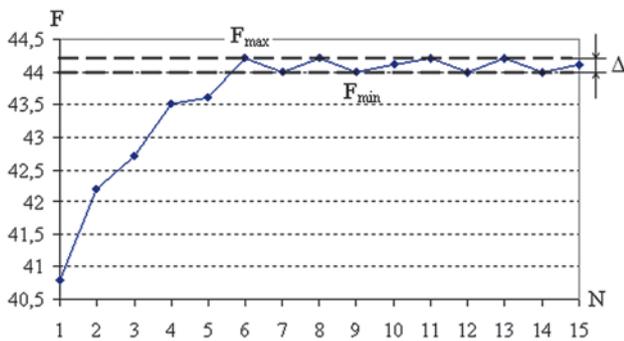


Рисунок 2. Результаты измерений КЧСМ испытуемого Л. По горизонтальной оси — номер измерения, по вертикальной оси — значение КЧСМ, Гц. Обозначения величин в тексте.

нию переходного процесса. Оценка КЧСМ испытуемого в квазистационарном режиме FKЧСМ, вычисленная по формуле (1), равна 44,1 Гц, стандартное (среднеквадратичное) отклонение — 0,094 Гц. При исключении из статистического анализа первых трех измерений среднеарифметическое значение равно 44,0 Гц, среднеквадратическое отклонение — 0,254 Гц. Уменьшение случайной составляющей погрешности измерений (среднеквадратическое отклонение) при вычислении оценки КЧСМ по предложенному способу по сравнению с вычислениями, когда обрабатываются первые 13 измерений и из статистического анализа исключены первые три измерения, составило 62,9%.

Уменьшение случайной составляющей погрешности измерений по обследованной группе получено у 8 испытуемых, которое составило от 31,3 до 78,6%.

Полученные результаты не противоречат экспериментальным данным, приведенным рядом авторов,

об улучшении зрительных функций в процессе изменений. Так Т.М. Козиной показана возможность улучшения КЧСМ после пятикратной тренировки (цит. по [15], с. 92). Такое наблюдается в процессе обучения при решении многих задач: улучшается острота зрения [16], снижаются пороги верньерной остроты [17], стереоскопического зрения [18], контрастные пороги при обнаружении узкой полосы [19].

В.А. Мещеряков и И.А. Казановская объясняют улучшение зрительных функций при тренировке тем, что сокращается длительность психологического рефрактерного периода [20]. В.М. Бондаренко и соавт. считают, что в процессе выполнения зрительной задачи происходит настройка и возникновение временных связей между отдельными структурами зрительной системы. В то же время попытки моделирования этого процесса сводятся к изменению критерия наблюдателя на уровне принятия решения. Однако блок принятия решения является гипотетическим и не поддается исследованию и анализу [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен способ повышения точности оценки критической частоты слияния световых мельканий. В процессе измерений строится график зависимости значений КЧСМ от номера измерения до получения квазистационарного режима, когда переходной процесс закончен, и значения КЧСМ стабилизируются. В квазистационарном режиме выполняется заданное количество измерений, после чего вычисляется оценка КЧСМ как среднеарифметическое значение результатов измерений, полученных в квазистационарном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вервельская В.М., Лебенкова О.А. Особенности частотно-критической и частотно-контрастной чувствительности глаза на цвета при атрофии зрительного нерва // Актуальные вопросы социальной офтальмологии. В сб. науч. тр. М.: ЦИЭТИН. 1988, Вып. 2, с. 43-47.
2. Макашова Н.В. Клиническая ценность исследования циркулярной КЧСМ в зоне Бьеррума у больных глаукомой. М., 1992, 5 с., Деп. в ГЦНМБ 07.02.92, № Д-22134.
3. Матюшко Н.Г., Скицок С.В. Определение критической частоты слияния световых мельканий у больных рассеянным склерозом // Врачебное дело. 1990. Т.2. С. 92-93.
4. Шамшинова А.М., Волков В.В. Функциональные методы исследования в офтальмологии. М.: Медицина, 1999, 416 с.
5. Зуева М.В., Цапенко И.В., Голубцов К.В., Захарова Г.Ю., Хватова А.В., Яковлев А.А. Диагностические возможности метода мультифокальной КЧСМ. Клиническая физиология зрения. М., 2002, с. 268-274.
6. Рогатина Е.В., Голубцов К.В. Критическая частота слияния мельканий в дифференциальной диагностике патологии зрительного анализатора у детей // Вестн. офтальмол. 1997. Т. 113, № 6. С. 20-22.
7. ГОСТ 16263-70. ГСИ. Метрология. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1987, 54 с.
8. Рожнецов В.В. Методы и средства контроля функционального состояния человека на основе временных характеристик зрительного анализатора: Дис. ... докт. техн. наук. Казань, 2007, 293 с.
9. Рожнецов В.В. Методика измерений и точность определения критической частоты слияния световых мельканий // Вестн. офтальмол. 2004. Т. 120, № 5. С. 29-31.
10. Рожнецов В.В., Корнушина Т.А., Фейгин А.А. Исследование критической частоты слияния мельканий методом последовательных приближений // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 5. С. 52-55.
11. Лежнина Т.А., Рожнецов В.В. Сравнительная оценка точности измерения критической частоты световых мельканий и дифференциальной чувствительности к частоте световых мельканий // Рефракц. хирургия и офтальмология. 2010. Т. 10, № 2. С. 31-34.
12. Рожнецов В.В. Обучение измерению критической частоты световых мельканий // Офтальмология. 2011. Т. 8, № 4. С. 41-43.
13. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. М.: Машиностроение, 1985, 535 с.
14. Лейсахов Н.М., Кашин А.П., Баранов Г.Г., Вагапов Р.Г. Методы и портативная аппаратура для исследования индивидуально-психологических различий человека/Под ред. В.М. Шадрина. Казань, Изд-во Казанск. ун-та, 1976, 238 с.
15. Лейсахов Н.М. Закономерности динамики психических явлений. Казань, Изд-во Казанск. ун-та, 1984, 235 с.
16. Leler L., Wilson T.A. Myopia Reduction Training with a Computer-Based Behavioral Technique: A Preliminary Report // J. Behav. Optom. 1993. V.4. P. 87-92.
17. McKee S. P., Westheimer G. Improvement in vernier acuity with practice // Perception and Psychophys. 1978. V. 24. P. 258-262.
18. Осипов Г.И. Исследование и тренировка стереоскопического зрения методом динамической стереовизометрии // Физиология человека. 1996. Т. 22, № 3. С. 71-75.
19. Бондаренко В.М., Гаузелман В.Е., Чихман В.Н. Изменение контрастных порогов обнаружения узкой полосы в процессе тренировки // Сенсорные системы. 1999. Т. 13, № 3. С. 189-194.
20. Мещеряков В.А., Казановская И.А. Временные ограничения переработки зрительной информации человеком-оператором // Физиология человека. 1978. Т. 4, № 2. С. 238-244.